

Rec'd PCT/PTO 01 JUN 2005

10/537181

J50005PCT

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Senckenberganlage 31
60054 Frankfurt am Main

Spektrometer, insbesondere Reflexionsspektrometer

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Spektrometer, insbesondere Reflexionsspektrometer, mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und über die mittels zumindest eines Strahlungsrezeptionsleiters einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt reflektierte und/oder gestreute und/oder vom Objekt emittiert, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Durchlicht- bzw. Transmissionspektrometer mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und mit mindestens einem von der Sonde beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiter, über den einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt gestreute, durchgelassene und/oder vom Objekt emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist.

Solch ein Reflexionsspektrometer ist, beispielsweise, aus der US 6,045,502 bekannt. Das dortige Reflexionsspektrometer dient insbesondere der Messung der Konzentration an Bilirubin eines Säugetiers durch Richten von Strahlung auf einen Hautbereich des Säugetiers und Analysieren der von der Haut gestreuten oder reflektierten Strahlung. Zu diesem Zweck ist eine Strahlungsquelle zum Emittieren von bestimmten elektromagnetischen Strahlen oder akustischen Wellen vorgesehen, während der Strahlungsempfänger mit der Auswerteeinheit in Form eines Spektrometers oder diffraktiven Gitters in Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von Detektoren in einem ausgeführt ist, um die Intensität vorherbestimmter Wellenlängen zu er-

fassen. Dies schränkt den Einsatzbereich erheblich ein, da die Berechnung unterschiedlicher Parameter durchaus unterschiedliche Wellenlängenbereiche benötigt.

Auch aus der US 6,104,938 ist ein gattungsgemäßes Reflexionsspektrometer zur Bestimmung der Menge zumindest einer lichtabsorbierenden Substanz in Blut bekannt, bei dem eine Strahlungsquelle zum Einsatz kommt, die Licht mit zumindest zwei bestimmten Zentralwellenlängen auf blutenthaltendes Gewebe richtet, so daß vom Strahlungsempfänger an dem Gewebe reflektiertes Licht empfangen werden kann. Auch bei diesem Reflexionsspektrometer ist der Einsatzbereich aufgrund der konkreten Vorgaben für die Emissionscharakteristiken der Strahlungsquelle sehr beschränkt.

Aus der WO 00/09004 ist ebenfalls ein gattungsgemäßes Reflexionsspektrometer insbesondere zur Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung bekannt. Zu diesem Zweck sind mehrere Strahlungsquellen für unterschiedliche Wellenlängenbereiche sowie schmalbandige optische Filter vor Fotodetektoren auf der Empfängerseite vorgesehen, was einem breiten Einsatzbereich entgegensteht.

In der DE 198 26 801 A1 wird eine Anordnung zur Minimierung des Streulichts in spektral messenden Apparaturen, umfassend eine Lichtquelle, einen Eingangsspalt, ein optisches Gitter und einen Empfänger, beschrieben. Das hierbei zur Anwendung kommende Verfahren zur Minimierung des Streulichts bei Gitterspektrometern beruht auf dem sequentiellen Einschalten von Lichtquellen mit verschiedenen Spektralbereichen. Die Lichtquelle, die aus mehreren Einzellichtquellen unterschiedlicher spektraler Abstrahlcharakteristik gebildet sein kann, emittiert dabei zeitlich aufeinanderfolgend in einzelnen Wellenlängenbereichen. Über eine Aneinanderreihung der Einzelspektren erhält man sodann eine lückenlose Abdeckung des bemessenen Wellenlängenbereichs, wobei der Empfänger auf die zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Wellenlängenbereiche abgestimmt ist und das Gesamtspektrum durch Superposition der sequentiell aufgenommenen Einzelspektren ermittelt. Die Minimierung des Streulichtanteils geht demgemäß darauf zurück, daß bei den Einzelmessungen störende Wellenlängen erst gar nicht zugelassen werden bzw. nicht vorhanden sind. Zur spektralen Reflexionsmessung setzt die DE 198 26 801 A1 z.B. eine LED-Mehrkanallichtquelle in einer Ulbricht-Kugel ein, wobei eine Sammellinse zur Bündelung eines kollimierten Empfangsstrahls in einen Lichtleiter benötigt wird. Werden die einzelnen abgestrahlten Wellenlängenbereiche durch ein Faserbündel mit der der Anzahl der Einzellichtquellen entsprechenden Anzahl von

Eingangssträngen zusammengeführt, kann die Lichtquelle des Gitterspektrometers gemäß der DE 198 26 801 A1 auch zur Farbmessung mittels $0^\circ / 45^\circ$ -Meßgeometrie, zur spektralen Transmissions- und Absorptionsmessung sowie zur Aufnahme von ATR-Spektren verwendet werden. Die Streulichtproblematik wird demnach mit der DE 198 26 801 A1 stets dadurch gelöst, daß man störende Wellenlängenbereiche zeitweilig ausblendet. Zum einen läßt die Empfindlichkeit und die Anwendungsbreite der Anordnung gemäß der DE 198 26 801 A1 noch Wünsche offen, zum anderen ist die in diesem Dokument vorgeschlagene apparative Anordnung empfindlich gegenüber mechanischen Einflüssen und daher in der Bandbreite ihrer Einsatzmöglichkeiten stark beschränkt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, das gattungsgemäße Reflexionsspektrometer derart weiterzuentwickeln, daß die Nachteile des Stands der Technik überwunden werden, insbesondere das Reflexionsspektrometer vielfältig einsatzfähig ist. Ferner lag der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, gattungsgemäße Durchlichtspektrometer zur Verfügung zu stellen, die leicht herzustellen, einfach zu bedienen und vielfältig einsatzfähig sind sowie sich durch eine ausgeprägte Robustheit gegenüber äußeren mechanischen Einflüssen auszeichnen.

Diese Aufgabe wird in Bezug auf das Reflexionsspektrometer erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Vielzahl von Strahlungsquellen vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle oder für alle Strahlungsquellen zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter gekoppelt sind, der Strahlungsempfänger das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion und/oder Fluoreszenz einfallenden Strahlung empfängt, und in der Auswerteeinheit in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist.

In einer weiterentwickelten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Reflexionsspektrometer ferner mindestens einen von der Sonde beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiter, über den einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt gestreute und/oder vom Objekt emittierte, insbe-

sondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist. Diese Ausführungsform stellt somit ein kombiniertes Reflexions- und Durchlichtsspektrometer dar.

Die der Erfindung in Bezug auf das Durchlichtsspektrometer zugrundeliegende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass eine Vielzahl von Strahlungsquellen vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle oder für alle Strahlungsquellen zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter gekoppelt sind, der Strahlungsempfänger das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion, Durchtritt, Emission und/oder Fluoreszenz einfallenden Strahlung empfängt, und in der Auswerteeinheit in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist.

Das erfindungsgemäße Durchlichtsspektrometer bzw. die Ausführungsform des erfindungsgemäßen Durchlichtsspektrometers lässt sich besonders wirksam in der Getränkeindustrie einsetzen, z.B. zur Bestimmung von Inhaltsstoffen in, der Farbe und/oder der Trübung von Flüssigkeiten, z.B. Säften, Mischgetränken oder alkoholischen Getränken wie Bier. Dabei können die Lichtaustrittsachse des Strahlungsemissionsleiters und die Lichteintrittsachse des Strahlungsrezeptionsleiters von sich gegenüberliegenden Strahlungsemissions- und Strahlungsrezeptionsleitern im wesentlichen auf einer Linie liegen bzw. parallel zueinander ausgerichtet sein. Der Einlass des Strahlungsrezeptionsleiters befindet sich in diesem Fall in so genannter Vorwärtsrichtung. Alternativ kann zwischen der Sender- und der Empfängerachse von Strahlungsemissionsleiter und Strahlungsrezeptionsleiter auch ein fester oder variierbarer Winkel ungleich 180° vorliegen, was eine größere konstruktive Spielbreite zulässt.

Es werden ebenfalls Spektrometer bevorzugt, bei denen die Strahlungseintrittsachse mindestens eines ersten beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiters im wesentlichen auf der Linie der Strahlungsaustrittsachse eines Strahlungsemissionsleiters liegt und/oder im wesentlichen parallel zu dieser angeordnet ist oder bei denen die Strahlungseintrittsachse eines zweiten beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiters in einem Winkel ungleich 0° , 180° , oder 360° , insbesondere von etwa 45° , 90° , 270° oder 315° , zu der Strahlungsaustrittsachse des Strahlungsemissionsleiters angeordnet ist. Hierbei kann es sich z.B. um ein Transmissions- wie auch um gekoppelte bzw. kombinierte Transmissions- und Reflexionsspektrometer handeln. Auf diese

Weises lassen sich beispielsweise mit einem in Vorwärtsrichtung des Strahls des Strahlungsemissionsleiters angebrachten Eingang eines Strahlungsrezeptionsleiters die Farbe und mit einem in einem Winkel hierzu angebrachten Eingang eines weiteren Strahlungsrezeptionsleiters über die Detektion des gestreuten Lichts die Trübung einer Flüssigkeit bestimmen. Bevorzugt liegen die Eintrittsachsen der Strahlung der Strahlungsrezeptionsleiter und die Austrittsachse der Strahlung des Strahlungsemissionsleiters im wesentlichen in einer Ebene vor. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist der zweite beabstandete Strahlungsrezeptionsleiter in seiner Winkeleinstellung zu der Austrittsachse der Strahlung des Strahlungsemissionsleiters variierbar. Auf diese Weise können flexibel Streulichtmaxima zur Analyse genutzt werden. Die Ein- und Austrittsachsen stimmen mit den Längsachsen der Strahlungsemissions- und Strahlungsrezeptionsleiter überein, wenn diese geradlinig sind. Ist dieses nicht der Fall, können zur Bestimmung dieser Ein- und Austrittsachsen die jeweiligen Tangenten, angelegt an die Endbereiche dieser Leiter, herangezogen werden.

Dabei kann vorgesehen sein, daß die Strahlungsquellen Kaltlichtquellen und/oder Halbleiter, vorzugsweise in Form von LEDs oder Lasern, umfassen.

Ferner kann vorgesehen sein, daß die Strahlungsquellen alle gleich und breitbandig emittierend oder zumindest teilweise unterschiedlich und in einem bestimmten Spektralbereich emittierend sind.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn zumindest zwei Strahlungsquellen in unterschiedlichen oder nicht vollständig überlappenden Spektralbereichen, insbesondere mit unterschiedlicher Intensität, emittierend sind.

In einer Ausführungsform der Erfindung können die Strahlungsquellen zumindest eine Strahlungsquelle zum Emittieren roten Lichts, zumindest eine Strahlungsquelle zum Emittieren blauen Lichts und zumindest eine Strahlungsquelle zum Emittieren grünen Lichts umfassen.

Weiterhin wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß auf jede Strahlungsquelle ein Strahlungsemissionsleiter, vorzugsweise in Form eines Lichtleiters, insbesondere eines Glasfaser-Lichtleiters, mit einem optisch transparenten Kleber aufgebracht ist.

Erfindungsgemäß wird eine Abschirmung des Strahlungsemissionsleiters zumindest im Bereich der Anklebung an die Strahlungsquelle zur Verhinderung von Fehllichteinkopplung vorgeschlagen.

Ferner kann vorgesehen sein, daß das Gehäuse der Strahlungsquelle, der Kleber und der Strahlungsemissionsleiter zumindest im Bereich der Anklebung im wesentlichen den gleichen Brechungsindex aufweisen.

Auch wird mit der Erfindung vorgeschlagen, daß der Strahlungsrezeptionsleiter, vorzugsweise in Form eines Lichtleiters, insbesondere eines Glasfaser-Lichtleiters, in einem Öffnungsspalt des Strahlungsempfängers fixierbar, insbesondere einklemmbar, ist.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß in der Sonde, vorzugsweise am freien Ende der Sonde, das Strahlungseinkopplungsende des Strahlungsrezeptionsleiters von den Strahlungsauskopplungsenden der Strahlungsemissionsleiter, vorzugsweise im wesentlichen kreisförmig, so umgeben ist, daß im Meßbereich auf und/oder in dem zu untersuchenden Objekt zumindest teilweise ein Überlappen der Apertur des Strahlungsrezeptionsleiters mit der Apertur der Strahlungsemissionsleiter vorliegt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung kann dadurch gekennzeichnet sein, daß der Strahlungsempfänger einen optischen Vielkanaldetektor, insbesondere einen CCD-Detektor oder ein Diodenarray, umfaßt.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, daß in der Auswerteeinheit eine Vielzahl zeitlich aufeinanderfolgender Einzelspektren aufnehmbar, insbesondere speicherbar, und, insbesondere unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Abfolge, analysierbar sind.

Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, daß mindestens zwei, insbesondere sämtliche, Einzelspektren in Abständen im Bereich von Mikrosekunden bis Sekunden aufnehmbar sind. Besonders bevorzugt werden Einzelspektren in Abständen von Millisekunden bis zu 10 Sekunden aufgenommen. Diese Abstände können innerhalb einer Meßreihe variieren oder aber konstant gehalten werden. Letztere Alternative ist regelmäßig bevorzugt. Beispielsweise las-

sen sich mit einer schnellen Meßabfolge von Einzelspektren, d.h. unter Abspeicherung der spektralen Information zu bestimmten Meßzeiten, und zeitaufgelöste Analyse derselben zeitlich invariante und zeitlich variierende Parameter bestimmen. Beispielsweise ist es mit der vorhergehend genannten Ausführungsform möglich, die Sauerstoffkonzentration, insbesondere die Sauerstoffsättigung, von Blut zu verfolgen. Zerlegt man z.B. die spektrale Information in einen pulsierenden Anteil, erhält man die arterielle Sauerstoffkonzentration bzw. -sättigung, während der konstante Anteil die kapillare Sauerstoffsättigung bzw. -konzentration, gegebenenfalls mit einem Anteil der Sauerstoffsättigung des venösen Blutes, liefert.

Auch wird mit der Erfindung vorgeschlagen, daß in der Auswerteeinheit Signale vom Strahlungsempfänger in einen zeitlich konstanten und einen zeitlich veränderlichen, insbesondere pulsierenden, Anteil zur getrennten Auswertung zerlegbar sind.

Ferner kann vorgesehen sein, daß in der Auswerteeinheit Programme zur Lebensmittelkontrolle, zur Bestimmung der Sauerstoffsättigung und/oder Hämoglobinkonzentration in Gewebe, zur Kontrolle der Farb-, Reflexions- und/oder Glanzeigenschaften von Oberflächen, Farben und/oder Lacken, zur medizinischen Analytik, zur Prozeßanalytik und/oder zur Umweltanalytik gespeichert sind.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß die Auswerteeinheit mit den Strahlungsquellen so in Wirkverbindung steht, daß in Abhängigkeit von dem ausgewählten Programm die Intensität der von jeder Strahlungsquelle emittierten Strahlung individuell einstellbar ist, insbesondere über die Stromzufuhr zu den Strahlungsquellen.

Auch ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Sonde von einem Endoskop umfaßt ist, die Sonde ein von den Strahlungsquellen und dem Strahlungsempfänger getrenntes Gehäuse aufweist, und/oder die Sonde handhaltbar ist.

Ferner wird eine Anzeigeeinheit in Wirkverbindung mit der Auswerteeinheit zum Anzeigen eines bestimmten Parameters vorgeschlagen.

Schließlich ist gemäß der Erfindung vorgesehen, daß die Wirkverbindung zwischen dem Strahlungsempfänger und der Auswerteeinheit, zwischen der Auswerteeinheit und der Be-

dieneinheit, zwischen der Auswerteeinheit und der Anzeigeeinheit und/oder zwischen der Auswerteeinheit und der Strahlungsquellen telemetrisch ist und/oder Funk, Infrarotstrahlung oder das Internet nutzt.

Weiterhin wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß mindestens eine Strahlungsquelle zumindest für einen Zeitabschnitt einer Messung im Pulsbetrieb schaltbar oder mit einem Multiplexmuster betreibbar ist.

Dabei kann vorgesehen sein, daß mindestens zwei Strahlungsquellen im Pulsbetrieb schaltbar oder jeweils mit einem individuellen Multiplexmuster betreibbar sind, wobei mindestens zwei Strahlungsquellen in unterschiedlichen oder nur teilweise überlappenden Spektralbereichen emittierend sind. Durch die Verwendung von im Pulsbetrieb entweder einzeln oder gruppenweise geschalteten Strahlungsquellen sowie mit gemäß einem Multiplexmuster betriebenen Strahlungsquellen ist es möglich, das erfindungsgemäße Spektrometer auf eine ganz spezifische Analyseaufgabe hin zuzuschneiden bzw. zu optimieren. Beispielsweise kann, wenn die gepulsten oder mit einem bestimmten Multiplexmuster betriebenen Strahlungsquellen unterschiedliche Spektralbereiche abdecken, mit nur einem einzigen Lichtempfänger durch entsprechendes De-Multiplexen die gewünschte spektrale Information über die Auswerteeinheit erhalten werden.

Der Erfindung liegt somit die Erkenntnis zugrunde, daß eine universelle Anwendbarkeit eines Reflexionsspektrometers dann gegeben ist, wenn einerseits die Strahlungsquellen zum Emittieren eines breitbandigen Spektrums, beispielsweise in Form von Weißlicht, sowie der Strahlungsempfänger zur Aufnahme von kompletten Spektren geeignet sind und andererseits die Intensität der Strahlung von jeder Strahlungsquelle sowie die Wellenlängen mit dazugehörigen Intensitäten, die von dem Strahlungsempfänger zu der Auswerteeinheit gelangen, auswählbar sind, so daß mit ein und derselben Hardware über unterschiedliche Software verschiedene Parameter wahlweise bestimmt werden können. Dies und die Möglichkeit der Miniaturisierung sowie Erschütterungsunempfindlichkeit des erfindungsgemäßen Reflexionsspektrometers insbesondere bei Verwendung von LEDs als Kaltlichtquellen, Glasfaser-Lichtleitern für die optischen Wege und eines kompakten Diodenarrays oder CCD (Charge Coupled Device) – Spektrometers, unter Verzicht auf Linsen, Spiegel oder dergleichen optischen Glieder, eröffnet vielfältige Anwendungen in einem nicht-invasiven, mobilen Einsatz, beispielsweise für Vor-Ort-Kontrollmessungen bei der Lebensmittelkontrolle, wie zur Erfas-

sung des Anteil an Carotinen, an Farbstoffen, zur Qualitätskontrolle, zur Herkunftskontrolle, zur Bestimmung des Reifegrades oder dergleichen, zur Erfassung der Sauerstoffsättigung und Hämoglobinkonzentration in Gewebe, beispielsweise bei Leistungssportlern, Schlafapnoikern, zur Vorbeugung des plötzlichen Kindtodes oder dergleichen, zur Farbkontrolle, wie zum Farbvergleich von Textilien, Kosmetika, Toupetanpassungen oder dergleichen, zur medizinischen Analytik, beispielsweise zur Untersuchung von Blut im Urin oder Stuhl, oder zur Umweltanalytik insbesondere bei der Abwasserkontrolle. Erfindungsgemäß kann auch eine Trennung der Strahlungsquellen, des Strahlungsempfängers und der Sonde voneinander vorliegen, nämlich durch den Einsatz der Strahlungsleiter, was auch Messungen in explosionsgefährdeter Umgebung, bei endoskopischen Eingriffen, in der perinatalen Diagnostik oder dergleichen ermöglicht. Von besonderem Vorteil ist hierbei, daß die Länge des Lichtleiterweges vom Spektrometer zum eigentlichen Meßort der Sonde in weiten Bereichen variiert werden kann und daß diese mechanische Entkopplung von Sonde und Spektrometer zu einer besonders unkomplizierten und zerstörungsfreien Handhabung beiträgt. Schließlich zeichnet sich das erfindungsgemäße Reflexionsspektrometer durch seine einfache und kostengünstige Fertigung aus, was nicht zuletzt auch darauf zurückzuführen ist, daß ein Justieren von Einzelkomponenten des Reflexionsspektrometers nicht notwendig ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand einer aus einer einzigen Figur bestehenden Zeichnung. Diese Figur zeigt schematisch ein Reflexionsspektrometer.

Wie der Figur zu entnehmen ist, umfaßt ein erfindungsgemäßes Reflexionsspektrometer 1 eine Sonde 2, zu der Strahlung von Strahlungsquellen 10-15 über Strahlungsemissionsleiter 20-25 führbar ist, um dann auf einen nicht gezeigten Meßbereich, wie die Haut eines Patienten, die Oberfläche eines Lebensmittels oder dergleichen, gerichtet zu werden. Die Sonde 2 ist desweiteren mit einem Strahlungsempfänger 30 über einen Strahlungsrezeptionsleiter 40 verbunden, wobei der Strahlungsempfänger 30 seinerseits mit einer Auswerteeinheit 50 verbunden ist.

Bei dem dargestellten Reflexionsspektrometer 1 sind demnach sechs Strahlungsquellen 10-15 vorgesehen, beispielsweise in Form von LEDs, von denen jeweils ein Paar rotes Licht emittiert (Strahlungsquellen 10, 13), blaues Licht emittiert (Strahlungsquellen 11, 14) und grünes Licht emittiert (Strahlungsquellen 12, 15). Zudem ist die Intensität der Strahlung jeder Strah-

lungsquelle 10-15 individuell durch das Anlegen eines einstellbaren Stroms I_1 bis I_6 auswählbar. Somit kann über die sechs LEDs 10-15 Strahlung über im wesentlichen den kompletten sichtbaren Bereich von Licht am freien Ende der Sonde 2 emittiert werden.

Auf jede LED 10-15 ist über einen nicht gezeigten Kleber ein Strahlungsemissionsleiter in Form eines Glasfaser-Lichtleiters 20-25 mit seinem Strahlungseinkopplungsende 20a-25a aufbringbar, ohne Reflexionsverluste und ohne Einstreuung von Fehllicht. Die Strahlungsauskopplungsenden 20b-25b der Glasfaser-Lichtleiter 20-25 münden in das freie Ende der Sonde 2 derart, daß sie das Strahlungseinkopplungsende 40a des Strahlungsrezeptionsleiters in Form eines Glasfaser-Lichtleiters 40 kreisförmig umgeben. Dabei sind an zwei sich radial gegenüberliegenden Seiten des Strahlungseinkopplungsendes 40a die beiden Strahlungsauskopplungsenden 20b, 23b; 21b, 24b; 22b, 25b eines zueinander gehörigen Paares von LEDs 10, 13; 11, 14 oder 12, 15 angeordnet, und überlappen die Apertur der Glasfaser-Lichtleiter 20 bis 25 im Meßbereich die Apertur des Glasfaser-Lichtleiters 40, um so eine universelle Anwendbarkeit zu gewährleisten.

Das gesamte, diffus oder gerichtet im Meßbereich reflektierte oder von dem Meßbereich fluoreszent emittierte Licht gelangt über den Glasfaser-Lichtleiter 40 zu dem Strahlungsempfänger 30, wobei das Strahlungsauskopplungsende 40b des Glasfaser-Lichtleiters 40 in einen Eingangsspalt des Strahlungsempfängers 30 eingeklemmt ist.

In der Auswerteeinheit 50 kann eine Vielzahl von Programmen abgelegt werden, wobei mit jedem Programm ein Parameter bestimmt werden kann, beispielsweise die Sauerstoffsättigung oder Hämoglobinkonzentration in einem Gewebe oder die Menge an Carotin bei Lebensmitteln. Über eine nicht gezeigte Bedieneinheit kann ein Benutzer des erfindungsgemäßen Reflexionsspektrometers 1 eines dieser Programme auswählen, so daß dann die Auswerteeinheit 50 in Abhängigkeit des ausgewählten Programms sich aus dem Strahlungsempfänger 30 ausgewählte Wellenlängen heraussucht, um dann aus der Intensität der empfangenen Strahlung bei besagten ausgewählten Wellenlängen den ausgewählten Parameter zu berechnen. Der berechnete Parameter kann schließlich in einer nicht gezeigten Anzeigeeinheit angezeigt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Reflexionsspektrometer 1 ist es erstmals möglich, daß ein emittiertes Spektrum auf einfache Weise über den an LEDs anzulegenden Strom einstellbar ist,

beispielsweise in Abhängigkeit von einem ausgewählten Programm durch eine Wirkverbindung zwischen der Auswerteeinheit 50 und den LEDs 10-15, während die Auswerteeinheit 50 gleichzeitig spezielle Wellenlängen aus dem gesamten, durch diffuse oder gerichtete Reflexion empfangenen Spektrum aus dem Strahlungsempfänger 30 zur Bestimmung des erwünschten Parameters auswählen kann. Mit anderen Worten ist es mit ein und derselben Hardware möglich, unterschiedlichste Parameter zu berechnen, wobei für besagte Berechnung lediglich unterschiedliche Programme über die Software des Reflexionsspektrometers ablaufen.

Die in der voranstehenden Beschreibung, in den Ansprüchen sowie in der Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Ansprüche

1. Durchlichtspektrometer mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und mit mindestens einem von der Sonde beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiter, über den einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt gestreute, durchgelassene und/oder emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist, wobei
eine Vielzahl von Strahlungsquellen vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle oder für alle Strahlungsquellen zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter gekoppelt sind,
der Strahlungsempfänger das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion, Durchtritt, Emission und/oder Fluoreszenz einfallenden Strahlung empfängt, und
in der Auswerteeinheit in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist.
2. Reflexionsspektrometer mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und über die mittels zumindest eines Strahlungsrezeptionsleiters einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt reflektierte und/oder gestreute und/oder vom Objekt emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß
eine Vielzahl von Strahlungsquellen (10-15) vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle (10-15) oder für alle Strahlungsquellen (10-15) zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter (20-25) gekoppelt sind,
der Strahlungsempfänger (30) das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter (40) durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion und/oder Fluoreszenz einfallenden

Strahlung empfängt, und

in der Auswerteeinheit (50) in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist.

3. Spektrometer nach Anspruch 2, umfassend ferner mindestens einen von der Sonde beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiter, über den einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt gestreute, durchgelassene und/oder vom Objekt emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist.
4. Spektrometer nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungseintrittsachse mindestens eines ersten beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiters im wesentlichen auf der Linie der Strahlungsaustrittsachse eines Strahlungsemissionsleiters liegt und/oder im wesentlichen parallel zu dieser angeordnet ist oder dass die Strahlungseintrittsachse eines zweiten beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiters in einem Winkel ungleich 0° , 180° oder 360° , insbesondere von etwa 45° , 90° , 270° oder 315° , zu der Strahlungsaustrittsachse des Strahlungsemissionsleiters angeordnet ist.
5. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquellen Kaltlichtquellen und/oder Halbleiter, vorzugsweise in Form von LEDs (10-15) oder Lasern, umfassen.
6. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquellen (10-15) alle gleich und breitbandig emittierend oder zumindest teilweise unterschiedlich und in einem bestimmten Spektralbereich emittierend sind.
7. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Strahlungsquellen in unterschiedlichen oder nicht vollständig überlappenden Spektralbereichen, insbesondere mit unterschiedlicher Intensität, emittierend sind.
8. Spektrometer nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquellen zumindest eine Strahlungsquelle (10, 13) zum Emittieren roten

Lichts, zumindest eine Strahlungsquelle (11, 14) zum Emittieren blauen Lichts und zumindest eine Strahlungsquelle (12, 15) zum Emittieren grünen Lichts umfassen.

9. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf jede Strahlungsquelle (10-15) ein Strahlungsemissionsleiter, vorzugsweise in Form eines Lichtleiters, insbesondere eines Glasfaser-Lichtleiters (20-25), mit einem optisch transparenten Kleber aufgebracht ist.
10. Spektrometer nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Abschirmung des Strahlungsemissionsleiters zumindest im Bereich der Anklebung an die Strahlungsquelle zur Verhinderung von Fehllichteinkopplung.
11. Spektrometer nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse der Strahlungsquelle, der Kleber und der Strahlungsemissionsleiter zumindest im Bereich der Anklebung im wesentlichen den gleichen Brechungsindex aufweisen.
12. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsrezeptionsleiter, vorzugsweise in Form eines Lichtleiters, insbesondere eines Glasfaser-Lichtleiters (40), in einem Öffnungsspalt des Strahlungsempfängers (30) fixierbar, insbesondere einklemmbar, ist.
13. Spektrometer nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sonde (2), vorzugsweise am freien Ende der Sonde (2), das Strahlungseinkopplungsende (40a) des Strahlungsrezeptionsleiters (40) von den Strahlungsauskopplungsenden (20b-25b) der Strahlungsemissionsleiter (20-25), vorzugsweise im wesentlichen kreisförmig, so umgeben ist, daß im Meßbereich auf und/oder in dem zu untersuchenden Objekt zumindest teilweise ein Überlappen der Apertur des Strahlungsrezeptionsleiters (40) mit der Apertur der Strahlungsemissionsleiter (20-25) vorliegt.
14. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsempfänger einen optischen Vielkanaldetektor, insbesondere einen CCD-Detektor (30) oder ein Diodenarray, umfaßt.

15. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteeinheit eine Vielzahl zeitlich aufeinanderfolgender Einzelspektren aufnehmbar, insbesondere speicherbar, und, insbesondere unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Abfolge, analysierbar sind.
16. Spektrometer nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei, insbesondere sämtliche, Einzelspektren in Abständen im Bereich von Mikrosekunden bis Sekunden aufnehmbar sind.
17. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteeinheit (50) Signale vom Strahlungsempfänger (30) in einen zeitlich konstanten und einen zeitlich veränderlichen, insbesondere pulsierenden, Anteil zur getrennten Auswertung zerlegbar sind.
18. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteeinheit (50) Programme zur Lebensmittelkontrolle, zur Bestimmung der Sauerstoffsättigung und/oder Hämoglobinkonzentration in Gewebe, zur Kontrolle der Farb-, Reflexions- und/oder Glanzeigenschaften von Oberflächen, Farben und/oder Lacken, zur medizinischen Analytik, zur Prozeßanalytik und/oder zur Umweltanalytik gespeichert sind.
19. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit mit den Strahlungsquellen so in Wirkverbindung steht, daß in Abhängigkeit von dem ausgewählten Programm die Intensität der von jeder Strahlungsquelle emittierten Strahlung individuell einstellbar ist, insbesondere über die Stromzufuhr zu den Strahlungsquellen.
20. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde von einem Endoskop umfaßt ist, die Sonde (2) ein von den Strahlungsquellen und dem Strahlungsempfänger getrenntes Gehäuse aufweist, und/oder die Sonde (2) handhaltbar ist.

21. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Anzeigeeinheit in Wirkverbindung mit der Auswerteeinheit zum Anzeigen eines bestimmten Parameters.
22. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirkverbindung zwischen dem Strahlungsempfänger und der Auswerteeinheit, zwischen der Auswerteeinheit und der Bedieneinheit, zwischen der Auswerteeinheit und der Anzeigeeinheit und/oder zwischen der Auswerteeinheit und den Strahlungsquellen telemetrisch ist und/oder Funk, Infrarotstrahlung oder das Internet nutzt.
23. Spektrometer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Strahlungsquelle zumindest für einen Zeitabschnitt einer Messung im Pulsbetrieb schaltbar oder mit einem Multiplexmuster betreibbar ist.
24. Spektrometer nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Strahlungsquellen im Pulsbetrieb schaltbar oder jeweils mit einem individuellen Multiplexmuster betreibbar sind, wobei mindestens zwei Strahlungsquellen in unterschiedlichen oder nur teilweise überlappenden Spektralbereichen emittierend sind.
25. Verwendung eines Durchlichtspektrometers gemäß Anspruch 1 sowie den Unteransprüchen 2 bis 24, soweit diese auf den Anspruch 1 rückbezogen sind, zur Messung der Farbe, der Trübung von Flüssigkeiten und/oder der Größenverteilung von in Flüssigkeiten suspendierten Partikeln, insbesondere in der Umwelt- oder Gewässeranalytik oder in alkoholischen oder nicht alkoholischen Getränken.
26. Verwendung des Reflexionsspektrometers gemäß einem der Ansprüche 2 bis 24 zur Erfassung des Anteils an Carotinen oder Farbstoffen in Lebensmitteln oder zur Farbkontrolle von Textilien, Kosmetika oder Toupetanpassungen oder zur Umweltanalytik.

Bezugszeichenliste

1	Reflexionsspektrometer
2	Sonde
10 – 15	Strahlungsquelle
20 – 25	Strahlungsemissionsleiter
20a – 25a	Strahlungseinkopplungsende
20b – 25b	Strahlungsauskopplungsende
30	Strahlungsempfänger
40	Strahlungsrezeptionsleiter
40a	Strahlungseinkopplungsende
40b	Strahlungsauskopplungsende
50	Auswerteeinheit

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Reflexionsspektrometer mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und über die mittels zumindest eines Strahlungsrezeptionsleiters einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt reflektierte und/oder gestreute und/oder vom Objekt emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Strahlungsquellen vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle oder für alle Strahlungsquellen zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter gekoppelt sind, der Strahlungsempfänger das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion und/oder Fluoreszenz einfallenden Strahlung empfängt, und in der Auswerteeinheit in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Durchlichtspektrometer mit einer Sonde, der über zumindest einen Strahlungsemissionsleiter Strahlung zumindest einer Strahlungsquelle zuführbar ist, um auf und/oder in ein zu untersuchendes Objekt gerichtet zu werden, und mit mindestens einem von der Sonde beabstandeten Strahlungsrezeptionsleiter, über den einem Strahlungsempfänger, der mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist, an und/oder in dem zu untersuchenden Objekt gestreute, durchgelassene und/oder emittierte, insbesondere fluoreszierende, Strahlung zuführbar ist, wobei eine Vielzahl von Strahlungsquellen vorgesehen ist, deren Strahlungsintensitäten jeweils einstellbar sind, die ein Emissionsspektrum aufweisen, das entweder pro Strahlungsquelle oder für alle Strahlungsquellen zusammen breitbandig ist, und die jeweils direkt mit einem Strahlungsemissionsleiter gekoppelt sind, der Strahlungsempfänger das gesamte Spektrum der in den Strahlungsrezeptionsleiter durch diffuse und/oder gerichtete Reflexion, Durchtritt, Emission und/oder Fluoreszenz einfallenden Strahlung empfängt, und in der Auswerteeinheit in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Bedieneinheit zur Berechnung zumindest eines Parameters auswählbaren Programm zumindest die Intensität einer bestimmten Wellenlänge verarbeitbar ist.

Fig.

